

## **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ РАСТЕНИЙ, ЖИВУЩИХ В ОГРАНИЧЕННЫХ УСЛОВИЯХ DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED SERVICE SYSTEM OF PLANTS LIVING IN LIMITED RELATED CONDITIONS**

***Д. С. Грушик, А. Л. Карпей***  
***D. Grushik, A. Karpei***

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь  
dmitriy.grushik@gmail.com  
Belarusian State University, ISEU BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Актуальность разработки автоматизированных систем обслуживания растений, живущих в ограниченных условиях (контейнерах, вазонах, беспочвенном субстрате), предполагающих возможность удаленного запуска, диктуется современными тенденциями по озеленению городов, современными подходами к ландшафтному дизайну и требованиями по озеленению эксплуатируемых кровель. Программное обеспечение таких систем рассчитывает время полива, количество воды и удобрений в зависимости от видов растений и условий их произрастания. Применение автоматизированных систем позволяет экономно использовать такие ресурсы, как вода и электричество, а также удобрения, необходимые растениям.

The relevance of the development of automated systems of maintenance of plants living in confined conditions: containers, pots, soilless substrate, implying the ability to remotely start, is dictated by modern trends in greening cities, modern approaches to landscape design and the requirements for greening roofs. The software of such systems calculates irrigation time, amount of water and fertilizers depending on plant species and growth conditions. The use of automated systems allows economical use of resources such as water and electricity, as well as fertilizers necessary for plants.

*Ключевые слова:* микроконтроллер arduino, C++, датчик влажности, датчик температуры, субстрат.

*Keywords:* the microcontroller arduino, C++, humidity sensor, temperature sensor, substrate.

Данная работа посвящена созданию настраиваемой на тип растений и условия их произрастания автоматизированной системы обслуживания элитных растений, живущих в ограниченных условиях.

Задачами данной работы является:

- Изучение проблемы жизнеобеспечения растений, живущих в ограниченных условиях.
- Изучение средств и технологий автоматизации систем жизнеобеспечения растений.
- Изучение аналогичных решений по автоматизации ухода за растениями.
- Разработка первой очереди программного обеспечения автоматизированной системы обслуживания растений, живущих в ограниченных условиях.

Климат в республике Беларусь (РБ) умеренно-континентальный и его особенности определяются положением территории страны в умеренных широтах, отсутствием горных препятствий, преобладанием равнинного рельефа и преобладанием западных ветров. Циркуляция атмосферы вызывает постоянную смену воздушных масс над территорией страны. В нижних слоях атмосферы преобладает западный перенос, приводящий к частым вторжениям богатых влагой воздушных масс, в восточных районах влияние океана уменьшается и усиливается континентальность климата. Однако в последние десятилетия различие температуры западных и восточных районов Беларуси уменьшилось на 1,0–1,5 °С. Усиление западного переноса в последние десятилетия приводит к ослаблению воздействия континентальных воздушных масс, которые приходят с востока, северо-востока или формируются на месте. В последние годы более частым становится проникновение тропического воздуха в теплое время года. Равнинный характер территории не препятствует приходу воздушных масс с соседних районов [1].

Современные почвы Беларуси сформировались после отступления позерского (последнего) ледника. Процесс образования и изменения почв Беларуси определяется многими факторами: рыхлыми антропогенными отложениями, умеренно теплым и влажным климатом, растительностью, типичной для хвойно-лиственных лесов южно-таёжной подзоны лесной зоны, животным миром, рельефом и производственной деятельностью человека. Эти факторы способствуют развитию дернового, подзолистого, болотного, буроземного, карбонатно-солончакового почвообразовательных процессов, под действием которых в условиях Беларуси образуются следующие генетиче-

ские типы почв: подзолистые, бурые лесные, дерново-карбонатные, дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболоченные, дерновые заболоченные, торфяно-болотные, пойменные дерновые заболоченные и пойменные торфяно-болотные. В зависимости от степени увлажнения различают автоморфные (нормально увлажненные, занимают 57,5 % общей площади РБ), полугидроморфные (длительно избыточно увлажненные, 26,2 %), гидроморфные (постоянно избыточно увлажненные, 16,3 %) [2].

Результаты изучения климата и почвенного покрова РБ, их изменений, говорят о том, что необходимость ухода за растениями (полива, использования удобрений и т. д.) будет только возрастать. Особенно это касается городских территорий.

В современном городе складывается специфическая и во многом неблагоприятная для жизнедеятельности человека и растений экологическая обстановка. Она характеризуется повышенным содержанием атмосферных загрязнений, более резкими колебаниями температурного и радиационного режимов, наличием шума и вибраций разного рода, а также электромагнитных излучений.

В условиях непрерывного повышения техногенных нагрузок на городского жителя покрытые растительностью пространства города становятся мощным средством частичной нейтрализации негативного воздействия отрицательных факторов жизни на урбанизированных территориях [3].

Зеленые насаждения города входят в состав комплексной зеленой зоны – единой системы взаимосвязанных элементов ландшафта города и прилегающего района, предназначенной для решения вопросов охраны природы и улучшения условий труда, быта и отдыха.

Зеленые насаждения, поглощая из воздуха вредные газы и нейтрализуя их в тканях, способствуют сохранению газового баланса в атмосфере, биологическому очищению приземного воздуха. На использовании газоочистных свойств древесно-кустарниковых насаждений основан принцип устройства санитарно-защитных зон.

Вредные газы в процессе транспирации поглощаются растениями, а твердые части аэрозолей оседают на листьях, стволах и ветвях растений. Посадки, расположенные поперек потока загрязненного воздуха, разбивают первоначальный концентрированный поток на различные направления. Таким образом, вредные выбросы разбавляются чистым воздухом, и их концентрация в воздухе уменьшается. Наиболее активно зеленые насаждения снижают содержание газов в воздухе в облиственном состоянии. Содержание оксида углерода после появления листьев уменьшается в 2–2,5 раз по сравнению с безлиственным периодом.

Зеленые растения играют огромную роль в обогащении окружающей среды кислородом и поглощении образующегося диоксида углерода. Дерево средней величины за 24 ч восстанавливает столько кислорода, сколько необходимо для дыхания трех человек.

Важнейшим свойством растений является их способность уменьшать бактериальную загрязненность воздуха, повышать его ионизацию, обогащать различного рода фитонцидами.

В то же время почвенные факторы в городских условиях весьма своеобразны. Значительные площади современных городов занимают так называемые «экранированные почвы», закрытые асфальтовым или бетонным покрытием. Ухудшается аэрация почвы, изменяется ее водный, газовый и тепловой режим, при этом нормальное развитие корневых систем становится невозможным. В городах ежегодно при уборке и сжигании листвы из круговорота веществ изымаются необходимые питательные вещества, кроме того, это увеличивает глубину промерзания почвы (из-за отсутствия подстилки). В то же время городские почвы загрязняются тяжелыми металлами, солями, нефтепродуктами, пылью, цементной крошкой, органическими веществами и др.

Поэтому городские растения требуют дополнительного ухода, особенно те, которые высажены в кашпо или контейнеры, где развитие корневой системы затрудняется ограниченным объемом почвы и количеством питательных веществ, пониженной защитой от неблагоприятных температур и регуляции необходимой для растения влажности [1].

Большинство автоматизированных ирригационных систем, созданных в Республике Беларусь, не учитывают особенности климата в стране и связанные с этим особенности растительности. Такие системы предназначены для орошения больших площадей с целью повышения урожайности или для орошения парковой зоны. Обычно они используются в режиме ручного управления.

Такие системы не предназначены для полива элитных растений, которые обычно требуют индивидуального подхода. Измерение и контроль уровня влажности основного субстрата и температуры окружающей среды являются ключевыми факторами для этого подхода.

Основными особенностями климата Беларуси, которые влияют на жизнедеятельность растений являются:

1. Отрицательные температуры.
2. Резкие перепады температур в пределах сезона (особенно зимний и ранневесенний период), значительные колебания температуры в пределах дня и ночи.

В ходе изучения аналогичных решений по автоматизации ухода за растениями были проанализировано оборудование фирм Rain Bird, TORO Ag Irrigation и система капельного полива.

Rain Bird Corporation – ведущий мировой производитель оборудования для систем автоматического полива. Основана в 1933 г. и производит свыше 4000 наименований продукции для орошения.

Вся система и весь полив состоит из труб, спринклеров, фасонных частей, емкости и хорошего насоса для орошения.

Фасонные части трубопроводов представляют собой соединительные детали как стальные, так и чугунные.

Автоматический полив Rain Bird устанавливается на участке в следующем порядке:

- Выполняется расстановка спринклеров системы с полным перекрытием поливаемой территории. После этого выполняется проект орошения участка.
- Оборудование и диаметры трубопровода под полив Rain bird подбираются в зависимости от орошаемой площади, количества растений на участке и условий водоснабжения.
- После согласования проекта выполняется монтаж и наладка автоматического полива.

TORO Ag Irrigation (Италия) – фирма, которая уже более 30 лет производит во всем мире продукты для микроорошения. Первая в мире произвела капельную ленту, «Bi-Wall», потом «Hardie Tape», и «Aqua-TraXX», появившуюся во второй половине девяностых годов.

На сегодняшний день фирма TORO Ag Irrigation представляет – «Aqua-TraXX "PBX"» – капельную ленту, способную повысить производительность Aqua –TraXX.

Заново спроектированный лабиринт предоставляет возможность получить поперечное сечение (PBX) пропорционально сбалансированное, которое позволяет:

- увеличить скорость воды;
- увеличить турбулентность воды;
- улучшить защиту от засорения;
- повысить точность лабиринта;
- расширить номенклатуру лент с распределением небольшого количества воды с небольшим расстоянием между капельницами.

Автоматический полив управляется программируемым контроллером. По его команде электромагнитные клапаны поочередно включают и выключают полив в определенном секторе. Клапаны также размещают в грунте, в специальных коробках. Кроме всех перечисленных элементов, система, обеспечивающая автоматический полив, также должна иметь насосную станцию, а в случае необходимости и накопительную емкость для воды.

Капельное орошение – метод полива, при котором вода подается непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений регулируемые малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц. Позволяет получить значительную экономию воды и других ресурсов.

В разрабатываемой системе контроль осуществляется датчиками влажности и температуры. Программное обеспечение Arduinomicrocontrollers управляет поливом с помощью переключения состояний клапана, подключенного к системе.

Состав системы автополива:

- контроллер;
- датчик влажности;
- датчик температуры;
- реле;
- монитор;
- электромагнитный водяной клапан;
- часы реального времени.

Продукты, разработанные командой Arduino и их партнерами, можно разделить на контроллеры, шилды и аксессуары.

Плата контроллера – это самая важная часть, сюда записывается исполняемая программа.

Датчики влажности почвы работают по принципу переменного резистора – чем больше влаги в почве, тем лучше контакты проводят электричество, падает сопротивление, сигнал на контакте растет. Аналоговые значения могут отличаться в зависимости от напряжения питания и разрешающей способности аналоговых пинов микроконтроллера.

Полив осуществляется с использованием электромагнитного водяного клапана. В нормальном состоянии клапан закрыт. Если программно-управляемый микроконтроллер подаст напряжение на контакты соленоида, магнитный шток втянется внутрь модуля и клапан откроется. Как только ток пропадет, пружина вернет шток обратно и клапан закроется.

Реле предназначено для понижения напряжения модуля.

Платформа может работать при наличии напряжения от 6 до 20 В. Однако при напряжении менее 7В работа может быть неустойчивой, а напряжение более 12В может привести к перегреву и повреждению. Поэтому рекомендуемый диапазон: 7–12В [4].

Язык программирования устройств Ардуино основан на C/C++. На данный момент язык C++ Arduino – это удобный способ программирования устройств на микроконтроллерах, поскольку отдельного языка Arduino не существует, как и не существует компилятора Arduino – написанные программы преобразуются (с минимальными изменениями) в программу на языке C/C++, и затем компилируются компилятором AVR – GCC. Так что фактически, используется специализированный для микроконтроллеров AVR вариант C/C++ [5].

Для создания первой очереди автоматизированной системы обслуживания растений, живущих в ограниченных условиях, используется следующая совокупность технических средств (рис. 1):

- микроконтроллер ARDUINO;
- датчик уровня влажности;
- датчик удаленного доступа wi-fi;

- реле;
- электромагнитный водяной клапан;
- блок питания.

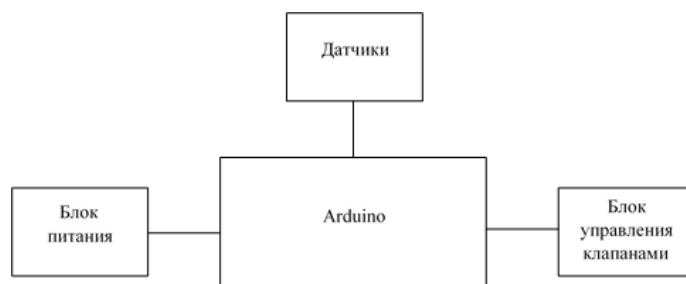


Рисунок 1 – Структурная схема разработанной автоматизированной системы обслуживания растений

Программно-управляемый микроконтроллер может работать с определенным комплектом датчиков. Для каждого из них написаны отдельные тест-программы. Но общая программа управления получается достаточно большой, поэтому имеет смысл выделить отдельные функции, управляющие системой полива.

Например, функция открытия и функция закрытия клапана. Они могут вызываться и по показаниям датчика влажности, и по показаниям датчика температуры, а также в случае необходимости пересадки растения или отключения системы и из-за поломки водопровода.

Программа управления поливов включает определение пинов для подключения датчиков, клапана, монитора, установку граничных значений влажности, подпрограммы управления клапаном.

На данный момент в работе реализованы и протестированы два комплекта скриптов первой очереди программного обеспечения автоматизированной системы обслуживания растений, живущих в ограниченных условиях. Первый комплект содержит скрипты, которые предназначены для тестирования датчиков и устройств в случае нештатных ситуаций или обновлений версий системы автополива. Второй комплект содержит основной скрипт управления и необходимые специализированные функции.

Тестирование и презентация системы полива проведены 25–27 мая 2018 г. в рамках ландшафтного фестиваля «Садовый переполох–2018» в питомнике декоративных растений «Красный клен» и вызвала большой интерес посетителей и представителей торговых фирм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Климат Беларуси [Электронный ресурс]. URL: <https://pogovorim.by/556-klimat-belarusi.html>. (дата обращения: 10.04.2018).
2. Почвы Беларуси [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/5410558/page:22/>. (дата обращения: 11.04.2018).
3. Экологическое обогащение городской среды [Электронный ресурс]. URL: <https://books.google.by/books?id=wMUbdAAAQBAJ&pg=PT75&lpg=PT75&dq=Экологическое+обогащение+городской+среды>. (дата обращения: 10.04.2018).
4. Программирование Ардуино [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru/Reference>. (дата обращения: 15.04.2018).
5. Среда разработки Arduino IDE [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.ru/>. (дата обращения: 17.04.2018).

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В РАМКАХ ПРОЕКТА «АКВАПОНИКА»

### DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM AND MICROCLIMATE REGULATION WITHIN THE FRAMEWORK OF THE “AKVAPONIKA” PROJECT

**Р. А Дончуков, И. В. Лефанова, О. А. Антонович**  
**R. Donchukov, I. Lefanova, O. Antonovich**

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,  
 г. Минск, Республика Беларусь  
 7798608@mail.ru*

*Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Для упрощения управления проектом «Аквапоника», в качестве системы управления подачи воды и регулирования ее температуры было принято решение спроектировать и создать нейронную сеть, которая принимает 4 входных сигнала с датчиков и выдает сигналы, обрабатываемые основной программой.